UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SINDE
Investigación y Desarrollo

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

PREDICCIÓN DEL PODER CALORÍFICO DE LA BIOMASA DE ESPECIES FORESTALES PROCEDENTES DEL BOSQUE SECO TROPICAL DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS (ECUADOR), A PARTIR DEL ANÁLISIS ELEMENTAL, PROXIMAL Y ESTRUCTURAL.

DIRECTOR:

Ing. Juan José Pérez Arévalo, Ph.D.

Miércoles, 23 mayo de 2018

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

El Vicerrectorado de Investigación y Posgrado a través del SINDE invita a:

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE
Proyecto de investigación

Tema: Predicción del poder calorífico de la biomasa de especies forestales procedentes del bosque seco tropical de la Provincia del Guayas (Ecuador), a partir del análisis elemental, proximal y estructural.

Director del proyecto:
Ing. Juan José Pérez Arévalo, PhD.

Fecha: miércoles 23 de mayo de 2018
Hora: 18:00
Lugar: Auditorio de la Facultad de Ingienería

Diseñado por: Dirección de Comunicación & Marketing

Informes:
PBX: 3804600 Ext.: 2915
Correo: sinde.asistecnica@cu.ucsg.edu.ec

VIP Vicerrectorado de Investigación y Posgrado

SINDE Investigación y Desarrollo

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

VIP Vicerrectorado de Investigación y Posgrado

SINDE Investigación y Desarrollo

IIFIUC Facultad de Ingeniería Instituto de Investigación y Desarrollo

PREDICCIÓN DEL PODER CALORÍFICO DE LA BIOMASA DE ESPECIES FORESTALES PROCEDENTES DEL BOSQUE SECO TROPICAL DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS (ECUADOR), A PARTIR DEL ANÁLISIS ELEMENTAL, PROXIMAL Y ESTRUCTURAL.

Director: Dr. Juan José Pérez Arévalo

Mayo 2018

Teca

Cacao

Caña guadua

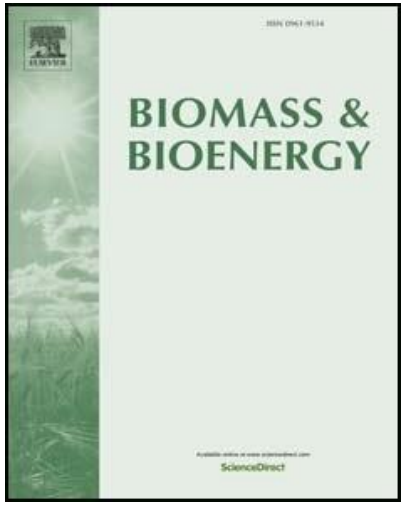
Naranjo

Ficus

Sumario

- **Problema de investigación**
- Objetivos
- Material y métodos
- Resultados
- Conclusiones y recomendaciones

Producción científica derivada de la investigación → Journal Homepage Biomass and Bioenergy



PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Se requiere obtener el análisis elemental, proximal y estructural de las especies forestales del Bosque Seco Tropical de la provincia del Guayas (Ecuador), así como la determinación de su poder calorífico, de las siguientes especies, para la **generación de bioenergía:**

a) Teca (*Tectona grandis L. f.*);
b) Cacao (*Theobroma cacao* L.);
c) Caña guadua (*Guadua angustifolia*);
d) Naranjo (*Citrus sinensis* L.);
e) Ficus (*Ficus benjamina*).

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo general

Analizar el contenido de humedad, cenizas, elementos volátiles, carbono fijo, H, N, S y O, celulosa, hemicelulosa y lignina, diferenciando por especies, para elaborar modelos matemáticos de predicción del poder calorífico (HHV) basados en el análisis elemental, proximal y estructural de dicha biomasa.

Objetivos específicos:

1. Determinar en laboratorio los contenidos de humedad, cenizas, elementos volátiles, carbono fijo, H, N, S y O, celulosa, hemicelulosa, lignina y los poderes caloríficos de las biomasas de las especies forestales del Bosque Seco Tropical de la provincia del Guayas (Ecuador), Teca, Cacao, Caña guadua, Naranjo, Ficus , para elaborar una data.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivos específicos:

2. Relacionar mediante modelos matemáticos lineales univariantes y multivariantes, los contenidos de humedad, cenizas, elementos volátiles, carbono fijo, H, N, S y O, celulosa, hemicelulosa y lignina, con los poderes caloríficos (HHV) obtenidos de cada una de las especies anteriormente nombradas, para obtener modelos de las especies estudiadas.

3. Analizar los modelos matemáticos lineales univariantes y multivariantes de las especies estudiadas, para determinar los modelos matemáticos lineales univariantes y multivariantes de las especies más relevantes, para su uso a nivel mundial a partir de los resultados de la investigación.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal

TECA

- Es una especie valiosa por la calidad de su madera y en razón de ello, su alta demanda a nivel mundial ha impulsado su cultivo en plantaciones comerciales.
- La **recolección** de las muestras se realizó en marzo de 2017.

CACAO

- El cacao ecuatoriano, se cultiva en la región central, oriental y occidental del país, por su calidad y aroma es altamente apetecido en el mercado internacional
- La recolección de las muestras se realizó en marzo de 2017.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal

CAÑA

- La característica fundamental de la caña guadua es la dureza de las paredes del tallo, que se debe a que todos los tejidos están impregnados de sílice
- La recolección de las muestras se realizó en marzo de 2017

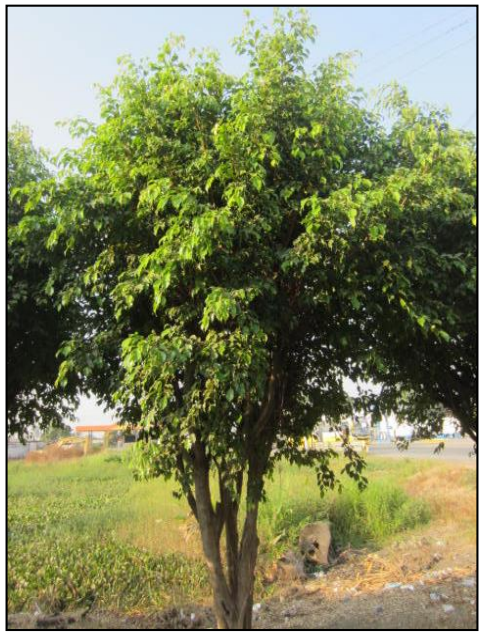
NARANJO

- El naranjo dulce, árbol de hojas perdurables.
- Su poda o **limpieza es permanente**, es decir durante toda su etapa de vida.
- La recolección de las muestras se realizó en marzo de 2017.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal

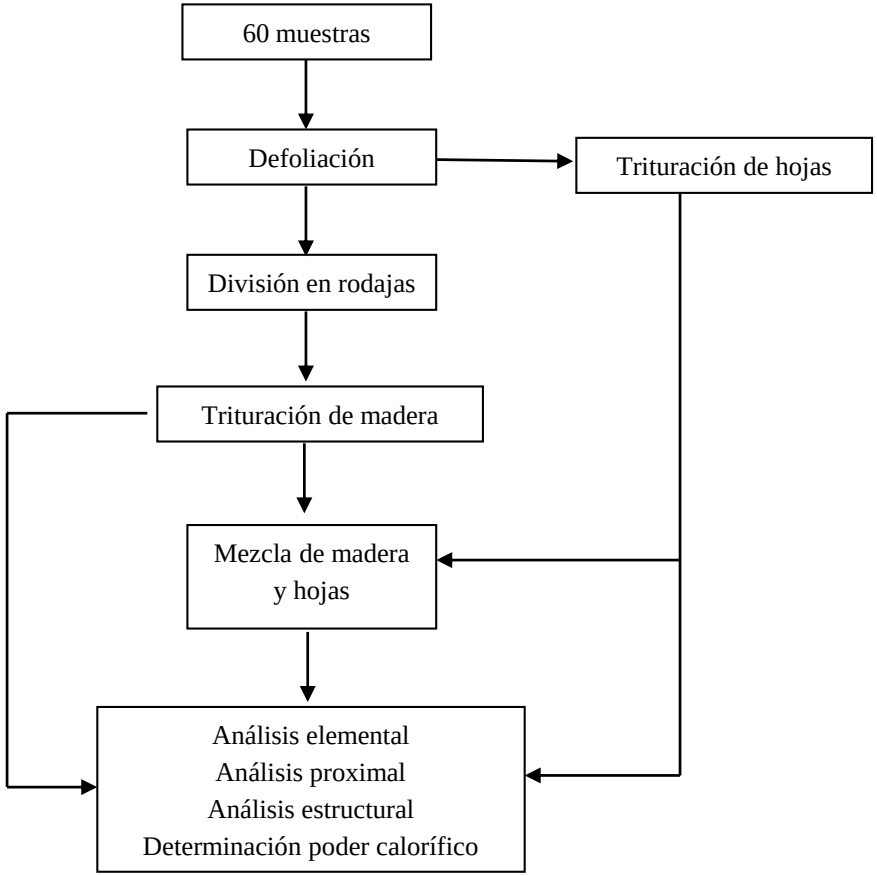
FICUS



- El *Ficus benjamina*, en nuestro medio es la planta mas cultivada en los exteriores de las edificaciones, veredas y parterres, son plantas fáciles de cuidar y crecen rápidamente y puede alcanzar los 30 m de altura en condiciones naturales. Posee ramas péndulas y hojas gruesas de 6-13 cm de largo. Cuando fructifica, produce pequeñas frutas, similares a los higos, que son el alimento favorito de varias aves.
- La recolección de las muestras se realizó en marzo de 2017.

MATERIAL Y MÉTODOS

Preparación de las muestras



Proceso de preparación y análisis de las muestras

- Se realizó de acuerdo a la **norma** UNE-EN 14780.

Proceso:

1. **Las 5 ramas con sus hojas** de cada especie fueron **llevadas** al laboratorio.
2. Se **separaron** las hojas de la madera.
3. Las **piezas de madera** fueron reducidas mediante una sierra, en cortes transversales.
4. Las **hojas fueron secadas** al aire libre

Preparación de las muestras

Muestras combinadas de madera y hojas de las especies.

ESPECIE	MUESTRA
NARANJA	100 % Madera; 0 % hojas
	90% Madera; 10 % hojas
	80 % Madera; 20 % hojas
	70 % Madera; 30 % hojas
	60 % Madera; 40 % hojas
	50 % Madera; 50 % hojas
	0 % Madera; 100 % hojas
CACAO	100 % Madera; 0 % hojas
	90% Madera; 10 % hojas
	80 % Madera; 20 % hojas
	70 % Madera; 30 % hojas
	60 % Madera; 40 % hojas
	50 % Madera; 50 % hojas
	0 % Madera; 100 % hojas
FICUS	100 % Madera; 0 % hojas
	90% Madera; 10 % hojas
	80 % Madera; 20 % hojas
	70 % Madera; 30 % hojas
	60 % Madera; 40 % hojas
	50 % Madera; 50 % hojas
	0 % Madera; 100 5 hojas

Muestras combinadas de madera y hojas de las especies

- Se formaron **60 muestras** por cada especie según la **norma** UNE-EN 14780.
- Para la **preparación de las submuestras**, se aplicaron **dos fases**:

  1. La **división** de las muestras;
  2. **Reducción** del tamaño de las partículas de las muestras, mediante molienda.

MATERIAL Y MÉTODOS

Determinación del contenido de humedad

Para la determinación del contenido de humedad de las muestras, se utilizó la Norma UNE-EN 14774-3.

Determinación del poder calorífico de forma directa

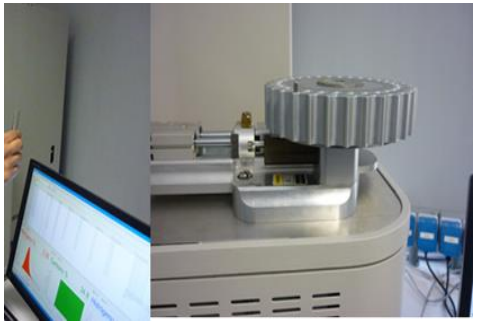
- Para la **determinación** del contenido de C, H y N, de las especies, por el **método directo**.

Se utilizó:

- La **norma** UNE-EN 14918: 2011.
- Y el **calorímetro isoperibólico** LECO® modelo AC500.

MATERIAL Y MÉTODOS

Determinación del análisis elemental de forma indirecta



Determinación del análisis elemental, con el analizador TruSpec CHN.

- Para **determinación** del contenido de C, H y N de las especies estudiadas, por el método indirecto. Se utilizó:
- La **norma** UNE-EN 15104
- Y el **analizador elemental** TruSpec CHN de la marca LECO®.

Se **examinaron** 50 muestras para cada especie, realizando dos repeticiones por muestra.

Determinación del análisis proximal de forma indirecta

Determinaciones del análisis proximal (cenizas y volátiles), con la MUFLA HERON SERIE 74

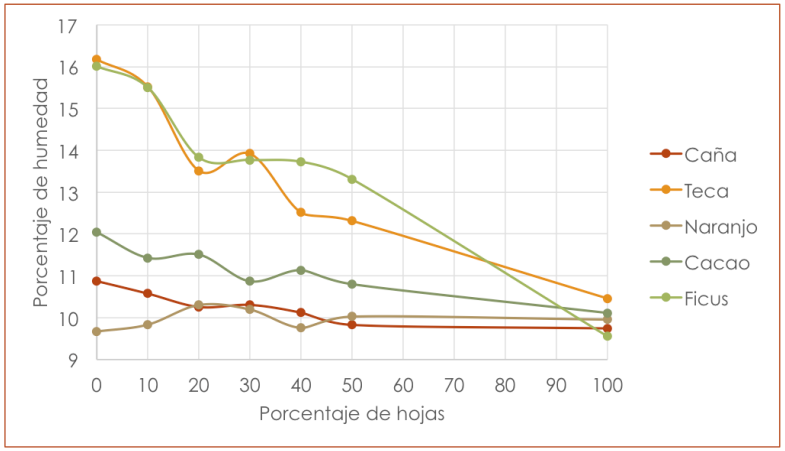
- Para la determinación del contenido de materias volátiles de las muestras,

Se utilizó:

- La MUFLA HERON SERIE-74, operatividad máxima 1.200ºC.
- Y la norma UNE-EN 15148.

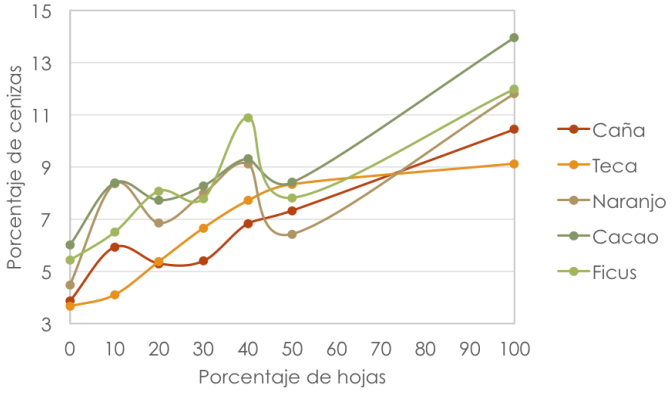
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de humedad



- La humedad de la caña guadua osciló entre 9,743% y 10,876%; la humedad de la teca entre 10,46 y 16,177; del naranjo 9,668 y 10.302%; del cacao entre 10,113% y 12,005%; y del ficus entre 9,553% y 16,177%.

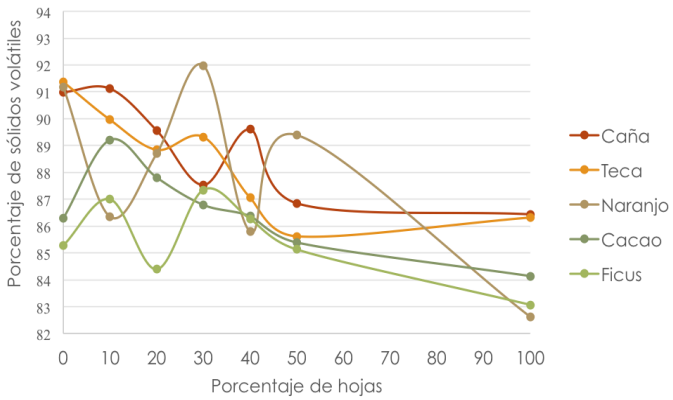
Porcentaje de cenizas



- Un elevado contenido de cenizas influye en un mayor ensuciamiento del intercambiador de calor en la caldera, disminuyendo su eficiencia, una mayor rapidez de llenado del cenicero y un menor poder calorífico.

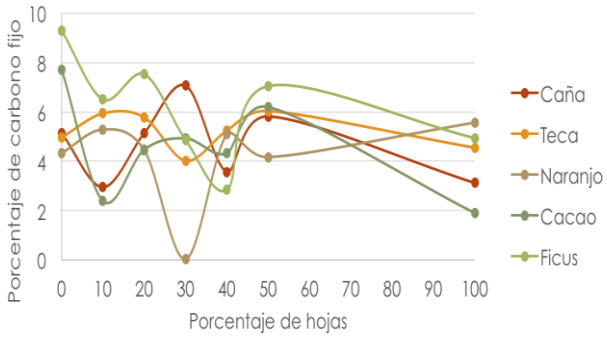
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Porcentaje de sólidos volátiles



El porcentaje de sólidos volátiles de la caña guadua osciló entre 86,44% y 91,12%; en la teca entre 85,62% y 91,37%; en el naranjo entre 82,62% y 91,98%; en el cacao entre 84,14% y 89,21%, y en el ficus entre 87,07% y 87,35%. Considerando las cinco muestras globalmente, se encontraron variaciones del contenido de sólidos volátiles entre 82,62% y 91,98%.

Porcentaje de carbono fijo



El porcentaje de carbono fijo de la caña guadua osciló entre 2,95% y 7,07%; en la teca entre 4,02% y 6,04%; en el naranjo entre 0,03% y 5,57%; en el cacao entre 1,90% y 7,70% y en el ficus entre 2,84% y 9,30%.

Considerando las cinco muestras globalmente, se encontraron variaciones del contenido de sólidos volátiles entre 0,03% y 9,3%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis proximal

Cenizas y volátiles de las especies estudiadas

	Caña guadua	Teca	Naranjo	Cacao	Ficus
% cenizas	6,44 ± 2,09	6,43 ± 2.11	7,86 ± 2.30	8,87 ± 2,46	8,36 ±2,32
% volátiles	88,87 ±1,93	88,36 ±2,09	88,00 ±3,29	86,57 ±1,63	85,50 ±1,50
% carbono fijo	4,69 ±1,53	5,22 ±0,76	4,13 ±1,88	4,56 ±2,02	6,15 ±2,11

En relación al porcentaje de sólidos volátiles, la Tabla 3 muestra que la especie que presentó menor valor fue el ficus con 85,50 ± 1,50 y la de mayor valor 88,87 ± 1,93 para la caña guadua. En carbono fijo el naranjo presentó el menor valor con 4,13 ± 1,88 y el ficus el mayor con 6,15 ± 2,11.

Poder calorífico

	Caña	Teca	Naranjo	Cacao	Ficus
% C	44.76±0,88	45.8 ± 0.36	42.64 ± 2,78	44.82 ± 0,85	45.04 ± 0,44
% H	7.39 ± 0,08	7.40 ± 0.08	6.43 ± 0,31	7.54 ± 0.38	7.41 ± 0.20
% N	0.63 ± 0,49	0.53 ± 0,37	0.6 ± 0.50	1.25 ± 0.58	0.78 ± 0.33
HHV (Mj/kg)	18150.7 ± 289.7	16981.1 ± 293.8	18515.0 ± 581.1	17494.2 ± 467.7	18837.3 ± 266.6

C: carbono de carbono (% en masa en base seca); H: hidrógeno (% en masa en base seca); N: nitrógeno (% en masa en base seca).

Todas las especies estudiadas (Caña, Teca, Naranjo, Cacao, y Ficus), presentan un contenido de carbono (C) en base seca parecido, entre los extremos de 42,64 ± 3,21% (Naranjo) y 45,80 ± 0,98% (Teca). Respecto al hidrógeno (H), éste oscila entre 6,43 ± 0,42% (Naranjo) y el 7,54 ± 0,52% (Cacao). El poder calorífico (HHV) está comprendido entre 16981,1 ± 293,8 MJ kg-1 para la Teca y los 18837,3 ± 266,6 MJ kg-1 para el Ficus.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Habiéndose determinado el alto poder calorífico de las especies:

- Caña: 18150.7±289.7 $kJ.kg^{-1}$;
- Teca: 16981.1±293.8 $kJ.kg^{-1}$;
- Naranjo: 18515.0±581.1 $kJ.kg^{-1}$;
- Cacao: 17494.2±467.7 $kJ.kg^{-1}$;
- Ficus: 18837.3±266.6 $kJ.kg^{-1}$;

Siendo el poder calorífico en promedio 19 $MJ.kg^{-1}$ de las especies y la factibilidad del uso de sus podas en la producción de energías renovables (bioenergía), recomendamos contactarse y motivarles a los señores industriales para que se interesen en la producción de bioenergía a partir de estas biomasas, en razón de que, contamos en la Provincia del Guayas con un gran volumen de éstas biomasas.

Gracias

Guayaquil, 23 de mayo de 2017

SINDE
Investigación y Desarrollo

FACULTAD INGENIERIA

IIFIUC
Facultad de Ingeniería
Instituto de Investigación y Desarrollo

PRESENTACION DE RESULTADOS

NOMBRE DEL DIRECTOR DEL PROYECTO: ING. JUAN JOSÉ PÉREZ

PROYECTO: PREDICCIÓN DE PODER CALORÓFICO DE LA BIOMASA DE ESPECIES FORESTALES PROCEDENTES DEL BOSQUE SECO TROPICAL DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS (ECUADOR), A PARTIR DEL ANÁLISIS ELEMENTAL, PROXIMAL Y ESTRUCTURAL

Nombres y Apellidos	Departamento/Facultad	email	Firma
José Benjamín Espinoza Sanchez	Ing. Civil estudiante	be222608@gmail.com	José Espinoza S
KLEY DARIO ZAMBRANO DUEÑAS	ING. CIVIL	Kleyzambrano@gmail.com	[illegible]
Alexandra Camacho	ING. CIVIL Docente	malexiscamacho@gmail.com	[illegible]
José Miguel Olaya	Ing. Civil	Doscinguelor.yzol	José Olaya
Ulises Alvarado Mendoza	Ing. Civil	Crist_alvarado7@hotmail.com	[illegible]
Cristopher Lazo Esteves	Ing. Civil	Chris_lazo.95@hotmail.com	Cristopher Lazo
Rodney Javier Loro Samoniego	Ing. Civil	rjavier1995@hotmail.com	[illegible]

SINDE
Investigación y Desarrollo

FACULTAD INGENIERIA

IIFIUC
Facultad de Ingeniería
Instituto de Investigación y Desarrollo

PRESENTACION DE RESULTADOS

NOMBRE DEL DIRECTOR DEL PROYECTO: ING. JUAN JOSÉ PÉREZ

PROYECTO: PREDICCIÓN DE PODER CALORÓFICO DE LA BIOMASA DE ESPECIES FORESTALES PROCEDENTES DEL BOSQUE SECO TROPICAL DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS (ECUADOR), A PARTIR DEL ANÁLISIS ELEMENTAL, PROXIMAL Y ESTRUCTURAL

Nombres y Apellidos	Departamento/Facultad	email	Firma
José Chérrez Herrera	Ingeniería	jcherrezherrera@gmail.com	
Xavier Manuel Acosta	Ingeniería	xaviermaanmol@gmail.com	
Danny Delgado Hernández	Ingeniería	dannydelhere@hotmail.es	
Joselyne Plaza Ramos	Ingeniería	joselyne-plaza96@hotmail.com	
Naomy Sumey Chum Saavedra	Ingeniería	naomychum.1996@gmail.com	
Oliver Bruce Ponce Zerna	Ingeniería	diverp116@hotmail.com	
Gianni Sánchez Paredes	Ingeniería	gianni.sanchez@hotmail.com	
Carlos Macías Zambrano	Ingeniería	carlos.maciasz.94@gmail.com	
Víctor Jácome Aldas	Ingeniería	victorj-85@hotmail.com	
Danny Guaguirí Zambrano	Ingeniería	dannygz-46@hotmail.com	

SINDE
Investigacion y Desarrollo

FACULTAD INGENIERIA

IIFIUC
Facultad de Ingenieria
Instituto de Investigación y Desarrollo

PRESENTACION DE RESULTADOS

NOMBRE DEL DIRECTOR DEL PROYECTO: ING. JUAN JOSÉ PÉREZ

PROYECTO: PREDICCIÓN DE PODER CALORÓFICO DE LA BIOMASA DE ESPECIES FORESTALES PROCEDENTES DEL BOSQUE SECO TROPICAL DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS (ECUADOR), A PARTIR DEL ANÁLISIS ELEMENTAL, PROXIMAL Y ESTRUCTURAL

Nombres y Apellidos	Departamento/Facultad	email	Firma
Clara Glas	Ingeniería	clagglas@hotmail.com	Clara Glas
José Barros	INGENIERÍA	jo_cbarros@hotmail.com	
John Franco	técnica	John.franco@cu.ucsg.edu.ec	
Alberto Peñalver Romero	Tecnica	alberto.penalver@	Alberto Peñalver
Stefany Alcivar	Ingeniería	stefany.alcivar@cu.ucsg.edu.e.	
Alex Coral	Ingeniería	alexguillocoral.agcb@gmail.com	
Alina Viteri	Ingeniería	alina.vmi@hotmail.com	

VIP
SINDE
IIFIUC
PREDICCIÓN DEL PODER CALORÍFICO DE LA BIOMASA DE ESPECIES FORESTALES PROCEDENTES DEL BOSQUE SECO TROPICAL DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS (ECUADOR) A PARTIR DEL ANÁLISIS PERMENTAL PROXIMAL Y ESTRUCTURAL.

VIP
SINDE
IIFIUC
PREDICCIÓN DEL PODER CALORÍFICO DE LA BIOMASA DE ESPECIES FORESTALES PROCEDENTES DEL BOSQUE SECO TROPICAL DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS (ECUADOR), A PARTIR DEL ANÁLISIS ELEMENTAL, PROXIMAL Y ESTRUCTURAL.
Caña
Naran
Ficus